Aus dem Forschungslabor für Medizinische Akustik
der Hals-Nasen-Ohrenklinik
der Medizinischen Einrichtungen der Universität Düsseldorf

Kommt es bei schwerhörigen Kindern zu einer Hörverschlechterung durch Hörgeräte?

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Joachim Randaxhe

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535714_0147

Aus dem Forschungslabor für Medizinische Akustik
der Hals-Nasen-Ohrenklinik
der Medizinischen Einrichtungen der Universität Düsseldorf

Kommt es bei schwerhörigen Kindern zu einer Hörverschlechterung durch Hörgeräte?

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Joachim Randaxhe

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf.

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Brüster

Referent:
gez.: Prof. Dr. Esser

Korreferent:
gez.: Prof. Dr. Fritsch

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. Einleitung 1

2. Darstellung der Problematik in der Literatur 3

3. Patientengut und Methodik 8
3.1. Auswahl des Patientengutes 8
3.2. Kurze Beschreibung der Untersuchungsmethoden 8
3.2.1. Tonschwellenaudiometrie 8
3.2.2. Tympanometrie 9
3.2.3. Stapediusreflexaudiometrie 9
3.3. Auswertung der Daten 9

4. Ergebnisse 13

5. Diskussion 32

6. Zusammenfassung 37

7. Anregungen zu weiterführenden wissenschaftlichen Arbeiten 38

8. Anhang 39
8.1. Ausführliche Beschreibung der Untersuchungsmethoden 40
8.1.1. Tonschwellenaudiometrie 40
8.1.2. Tympanometrie 42
8.1.3. Stapediusreflexaudiometrie 44
8.2. Dynamikkennlinien verschiedener Hörgeräte 46
8.2.1. Normaler Verstärker als Hörgerät (Super-Power-Geräte) mit PC 46
8.2.2. Hörgerät mit AVC und PC 47
8.2.3. Hörgerät mit $AGC_{(o)}$ und PC 48
8.2.4. Hörgerät mit $AGC_{(i)}$ und PC 49
8.3. Tabellen 50

9. Literaturverzeichnis 51

1. EINLEITUNG

Die zentrale Problematik hörbehinderter Kinder ist nicht nur die mehr oder weniger ausgeprägte Hörminderung, sondern auch die damit immer verbundene Sprachentwicklungsverzögerung. Sie führt sogar manchmal dazu, daß ein Kind überhaupt nicht sprechen lernt. Aus diesem Grunde werden schwerhörigen Kindern so früh wie möglich Hörgeräte angepaßt. Die Erfolge sprechen für sich: Gelingt es zum Beispiel, ein schwerhöriges Kind im ersten Lebensjahr mit einem Hörgerät zu versorgen, so spricht es früher und besser als ein Kind mit gleichem Hörverlust, das erst mit sechs Jahren ein Hörgerät erhält. Bei später Hörgeräteanpassung gelingt es den Kindern dann meist auch nicht mehr, den geistigen Rückstand gegenüber normalhörenden Kindern aufzuholen.

Den Anlaß zu dieser Arbeit gab eine Untersuchungsreihe von BIESALSKI (1977), die zu erschreckenden Ergebnissen kam. Bei circa 35% der von ihm untersuchten, hörgerätetragenden Kinder zeigten sich Audiogrammveränderungen im Sinne einer Hörverschlechterung von 20 dB bis über 50 dB. Es handelte sich dabei fast ausnahmslos um Schwellenabwanderungen im Hochtonbereich. Diese Tatsache ließ neben anderen Ursachen vor allem an akustische Traumen denken. BIESALSKI stellte denn auch fest: "Auch bei vorsichtiger und kritischer Betrachtung bleibt eine Reihe von Kindern übrig, bei denen wir eine verstärkerbedingte Hörverschlechterung annehmen müssen." Diese Aussage mag zunächst erstaunlich klingen. Sie wird jedoch verständlicher, wenn man bedenkt, daß die VDI-Richtlinie 2058 und die UVV-Lärm (BERNHARDT, JEITER, 1975) vorschreiben, äquivalente Dauerschallpegel über 90 dB (A) sollten nach Möglichkeit vermieden werden. Wenn dies nicht möglich ist, muß ein Lärmschutz getragen werden. Hörschäden können jedoch auch schon bei niedrigeren äquivalenten Dauerschallpegeln entstehen, und zwar etwa ab 85 dB. Außerdem kennt man den Hörsturz im Lärm, der vermutlich nur von der augenblicklichen Belastung abhängt und nicht vom

äquivalenten Dauerschallpegel, der im Prinzip ja einen Durchschnittswert über 24 Stunden darstellt. Hörgeschädigte Kinder werden jedoch manchmal mit hochverstärkenden Apparaten - sogenannten Superpower-Geräten - versorgt, die einen maximalen Ausgangspegel (= MPO = Maximal Power Output) von fast 150 dB haben, was zu äquivalenten Dauerschallpegeln von über 110 dB führen kann.

In der Kinderaudiologie der Universitätsklinik Düsseldorf werden bei Schallempfindungsschwerhörigkeit grundsätzlich Geräte mit automatischer Dynamik-Reglung eingesetzt. Diese Geräte verstärken die informationshaltigen leisen Sprachanteile sehr hoch, verstärken die lauten Spitzen jedoch nicht mit. Dadurch wird das Ohr vor Überlastung geschützt.

Die Arbeit von BIESALSKI (1977) umfaßt zwei Parameter: Zum einen die Progredienz unabhängig von der Belastung (z.B. hereditär), zum anderen die Progredienz durch übermäßige Beschallung. Bei unserem Patientengut verbleibt nur der erste Parameter, da ja die Geräte mit automatischer Dynamik-Regelung die lauten Geräuschspitzen nicht verstärken und so das Gehör vor Überlastung schützen.

Ziel dieser Arbeit soll es sein festzustellen, ob es bei den in unserer Klinik mit Hörgeräten versorgten Kindern ebenfalls zu einer Hörverschlechterung kommt. Dann soll versucht werden, aus einem Vergleich unserer Ergebnisse mit denen von BIESALSKI (1977) abzuschätzen, inwieweit Hörverschlechterungen bei Kindern durch Hörgeräte verursacht sind.

2. DARSTELLUNG DER PROBLEMATIK IN DER LITERATUR

Die Frage, ob es beim Tragen von Hörgeräten zu Hörschäden kommen kann, wird schon sehr lange diskutiert. Bereits 1939 vertritt HOLMGREN die Ansicht, daß Hörhilfen keine schädigende Wirkung haben können, wenn sie in keiner Frequenz die Schmerzschwelle des Patienten erreichen. Sein Standpunkt stützt sich auf klinische Eindrücke. Spezielle Untersuchungen an Patienten liegen in seiner Arbeit nicht vor.

1953 veröffentlichen DUNAJVITSER und JELANISEV Untersuchungen an 35 Patienten. Sie überprüfen das Gehör teilweise nach wenigen Stunden Hörgerätetragzeit, teilweise drei Jahre nach der Hörgeräteanpassung. Bei der Gruppe, die das Hörgerät nur einige Stunden trug, stellen sich leichte Hörverluste fest. Diese sind jedoch reversibel. Die Gruppe mit langjährigem Hörgerätgebrauch zeigt keine Hörverschlechterung. Es kommt sogar in einigen Fällen zu einer Hörverbesserung. Die Autoren führen dies auf einen Trainingseffekt bei der Audiometrie zurück. In der Arbeit fehlen jedoch Angaben über die maximale Ausgangsleistung der verwendeten Hörgeräte sowie über die Art und den Grad der Schwerhörigkeit der Patienten.

NAUNTON veröffentlicht 1957 eine Arbeit über die Untersuchung von 120 einseitig mit Hörgeräten versorgten Patienten. Er stellt Audiogrammvergleiche zwischen versorgtem und unversorgtem Ohr an und kommt zu dem Schluß, daß keine Schädigungen durch Hörgeräte verursacht werden. Einschränkend zu dieser Arbeit muß jedoch gesagt werden, daß nur 9,5% der untersuchten Patienten jünger als 24 Jahre waren. Außerdem handelte es sich in den meisten Fällen (ca. 55%) um Patienten mit einer Mittelohrschwerhörigkeit.

Im Jahre 1965 erscheint eine Arbeit von BARR und WEDENBERG, die sich mit der Ätiologie kindlicher Schwerhörigkeit befaßt. Die Verfasser untersuchten 84 Kinder mit doppelseitiger neurogener Hörstörung. Sie unterteilten die Hörstörungen

nach deren wahrscheinlichen Ursachen in exogene (wie Rötelnembryopathie, perinatal erworbene, Meningitis mit oder ohne Streptomycinbehandlung) und endogene Hörstörungen. Die Kinder werden während einer Zeitdauer von 3 bis zu 15 Jahren nach dem ersten zuverlässigen Gehörtest nachuntersucht. Alle Kinder waren mit Hörgeräten versorgt, die einen maximalen Ausgangspegel von 130 dB nicht überschritten. Die durch Rötelnembryopathie verursachten und perinatal erworbenen Hörstörungen lassen keine Progredienz erkennen. Schwerhörigkeiten, die durch Meningitis verursacht sind, zeigen jedoch in allen Fällen einen progredienten Verlauf. Ebenfalls die Hälfte der hereditären Hörstörungen weist eine spontane Progredienz auf. Die Autoren machen jedoch keine genauen Angaben über das Ausmaß der Progredienz und die Tragdauer der Hörgeräte.

BELLEFLEUR und VAN DYKE führen 1968 Untersuchungen über die Auswirkungen hochverstärkender Hörgeräte auf das Gehör von Kindern durch. Es werden 58 monaural versorgte Kinder ausgewählt. Die Hörverschlechterung des versorgten Ohres wird mit der des unversorgten Ohres verglichen. Eine Differenz wird nicht festgestellt. Eine Schädigung durch das Hörgerät wird für unwahrscheinlich gehalten.

Die Verfasser berichten zwar von hochverstärkenden Geräten, ohne daß sie jedoch Angaben über die maximale Ausgangsleistung der Geräte machen. Darüber hinaus war es den untersuchten Kindern auch erlaubt, ihr Hörgerät zu verstellen. Eine Aussage über die dem Ohr zugeführte maximale Ausgangsleistung ist deshalb natürlich nur begrenzt möglich.

ROBERTS beschreibt 1970 den Fall eines Jungen mit einer starken Hörverschlechterung nach Verordnung eines Hörgerätes. Da jedoch die jüngere Schwester des Jungen kurze Zeit danach ebenfalls eine Hörverschlechterung erleidet, ohne daß ein Hörgerät getragen wurde, vermutet der Autor eine fortschreitende,

hereditäre Hörstörung. Diese Beobachtung würde mit den Untersuchungen BARR's und WEDENBERG's (1965) übereinstimmen.

Neben den Autoren, die eine Schädigung durch Hörgeräte für unwahrscheinlich halten, gibt es auch einige, die eine Schädigung durch Hörgeräte für möglich halten. So berichten GERSJANOVITJ und GROMOV 1952 über Untersuchungen an 78 Patienten mit verschiedenartigen Hörstörungen. Sie stellen vier Fälle mit Hörverschlechterung fest und führen dies auf das tägliche Tragen der Hörgeräte über viele Stunden zurück. Jedoch muß angeführt werden, daß es sich bei den vier progredienten Fällen um Patienten mit kombinierter Innen- und Mittelohrschwerhörigkeit handelte. Außerdem waren von den untersuchten Patienten nur vier zwischen 12 und 20 Jahren alt.

KINNEY berichtet 1953 über eine Untersuchungsreihe an 2628 schwerhörigen Kindern. Die Ursachen kindlicher Schwerhörigkeit sollten festgestellt werden. Es finden sich 1688 Fälle mit Mittelohrschwerhörigkeit. Die restlichen 940 Kinder leiden an einer Innenohr- bzw. kombinierten Schwerhörigkeit. Bei Kontrolluntersuchungen zeigt sich, daß in 16 Fällen der zweiten Gruppe eine starke Hörverschlechterung auftritt. KINNEY vermutet eine Schädigung der Cochlea durch Hörgeräte. Leider findet sich in der Arbeit keine Unterteilung der Fälle in reine Innenohrschwerhörigkeit bzw. kombinierte Schwerhörigkeit. Auch werden keine Angaben über das Ausmaß der Hörverschlechterung gemacht.

Basierend auf den Ergebnissen seiner Arbeit von 1953 führt KINNEY 1961 weiterführende Untersuchungen an 178 Kindern mit Schallempfindungsstörung zwischen sechs und sechzehn Jahren durch. 126 der Kinder sind nur monaural mit einem Hörgerät versorgt und tragen ein Gerät mit geringer Ausgangsleistung. Die übrigen 52 Kinder tragen Geräte mit starker Ausgangsleistung (bis 146 dB). 39 von diesen Kindern sind ebenfalls nur auf einem Ohr versorgt. In einem Gruppenvergleich stellt KINNEY fest, daß Kinder mit Hörgeräten von starker Ausgangs-

leistung einen signifikant größeren Hörverlust aufweisen (20 - 25 dB) als Kinder, die mit Hörgeräten von schwächerer Leistung versorgt sind. Wie schon BELLEFLEUR und VAN DYKE (1968), so schließt auch KINNEY eine Verstellung der Hörgeräte durch die Kinder oder Eltern nicht aus.

Auf dem fünften Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Audiologie 1960 in Bonn berichten MÜLLER und ROJSKJAER über ihre Untersuchungen an 390 Patienten mit Schallempfindungsstörung. Sie finden neun Fälle mit einer Hörverschlechterung lediglich auf der mit einem Hörgerät versorgten Seite. Die maximale Ausgangsleistung der Geräte beträgt in allen Fällen 120 dB. Jedoch handelt es sich bei den untersuchten Patienten meist um Erwachsene.

MACRAE und FARRANT führen 1965 und 1968 Untersuchungen an Kindern zwischen 6 und 16 Jahren mit beidseitiger Schallempfindungsschwerhörigkeit durch. Sie vergleichen Gruppen von Kindern mit Hörgeräten unterschiedlicher Ausgangsleistung. Zusätzlich wird das versorgte Ohr mit dem unversorgten Ohr verglichen. Die Autoren stellen fest, daß die Progredienz umso stärker ist, je größer die maximale Ausgangsleistung des Hörgerätes ist. Außerdem ist die Hörverschlechterung auf dem versorgten Ohr signifikant größer als auf dem unversorgten Ohr. Jedoch sei erwähnt, daß die größte Hörverschlechterung bei diesen Untersuchungen kleiner als 10 dB war, bei einem Untersuchungszeitraum von im Mittel 5 Jahren.

Im Dezember 1965 berichten ROSS und TRUEX von zwei Kindern, die mit hochverstärkenden Geräten (MPO = 139 dB) versorgt wurden. Danach war es zu einer starken Progredienz im versorgten Ohr gekommen. Die Autoren halten dies für eine hörgerätbedingte Schädigung und fordern die Verordnung von Geräten mit AVC (Automatic Volume Control).

ROSS und LERMAN berichten 1967 von ihren Untersuchungen an 18 Patienten zwischen 7 und 19 Jahren mit beidseitiger

Schallempfindungsstörung. Alle Patienten waren monaural versorgt. Die Autoren finden neun progrediente Fälle beim Vergleich des versorgten mit dem unversorgten Ohr. Jedoch besaß nur ein Kind ein Hörgerät mit einer maximalen Ausgangsleistung über 130 dB. Bei diesem Kind konnte jedoch keine Hörverschlechterung festgestellt werden. Verantwortlich für die Hörverschlechterung machen ROSS und LERMAN in erster Linie die Benutzungsdauer des Hörgerätes.

Schließlich berichten JERGER und LEWIS 1975 über den Fall eines Mädchens mit Schwerhörigkeit nach Rötelnembryopathie. Es war beim Tragen eines Hörgerätes (MPO = 135 dB) zu einer Progredienz auf dem versorgten Ohr gekommen. Die Verfasser halten eine Untersuchung des Problems der Hörverschlechterung nach Hörgeräteanpassung für sehr schwierig, da zusätzliche Faktoren, wie z.B. Infekte des Nasen-, Rachenraumes, Verstellung am Hörgerät und Tragedauer des Gerätes bei der Schwellenabwanderung eine Rolle spielen, aber nur schwer erfaßbar sind.

Bei der Betrachtung der Literatur ergibt sich also keine eindeutige Antwort auf die Frage, ob es bei hörgeschädigten Kindern nach Hörgeräteversorgung zu einer Hörverschlechterung kommt. Dies liegt daran, daß die Autoren von den unterschiedlichsten Voraussetzungen ausgehen: Alter der Patienten, Beobachtungsdauer, Tragzeit des Hörgerätes, maximale Ausgangsleistung der Hörgeräte, Art der Schwerhörigkeit, Art der Auswertung, Ausmaß der Hörverschlechterung und Anzahl der Kontrolluntersuchungen sind zum Teil nicht vergleichbar, bzw. es fehlen die Angaben darüber.

3. PATIENTENGUT UND METHODIK

3.1. AUSWAHL DES PATIENTENGUTES

Aus dem Gesamtkrankengut von über 4500 Patienten der Kinderaudiologischen Abteilung der Universität Düsseldorf wurden 247 Kinder ausgesucht. Folgende Kriterien waren Voraussetzung für die Auswahl:

1. Die Kinder sollten seit mindestens 18 Monaten ein Hörgerät tragen.
2. Es durfte keine Schalleitungsschwerhörigkeit bestehen.
3. Ein gesichertes Tonschwellenaudiogramm bzw. Stapediusreflexaudiogramm oder beide aus der Zeit vor der Hörgeräteanpassung mußte(n) vorliegen.
4. In der Zeit der Hörgeräteanpassung sollten mindestens zwei weitere Tonschwellenaudiogramme bzw. Stapediusreflexaudiogramme oder beide bei den Kindern angefertigt worden sein.
5. Die Patienten sollten bei der Hörgeräteanpassung nicht älter als 18 Jahre sein.
6. Ein Infekt im Nasen-, Rachenraum durfte bei den jeweiligen Untersuchungen nicht vorgelegen haben.
7. Die richtige Einstellung der Hörgeräte wurde bei den Kontrolluntersuchungen überprüft.

3.2. KURZE BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSMETHODEN

3.2.1. TONSCHWELLENAUDIOMETRIE

Bei der Tonschwellenaudiometrie wird dem Ohr des Patienten ein Ton in zunehmender Lautstärke angeboten. Der Patient gibt dann ein Zeichen, wenn er den Ton wahrnimmt. Die gefundenen Werte werden in einem Formblatt eingezeichnet. Da der Patient bei dieser Art der Hörprüfung selbst mitarbeiten muß, unterliegt diese Methode verständlicherweise sub-

jektiven Einflüssen. Eine ausführliche Beschreibung der Tonschwellenaudiometrie befindet sich im Anhang.

3.2.2. TYMPANOMETRIE

Die Tympanometrie dient der objektiven Funktionsdiagnostik des gesamten Trommelfell-Gehörknöchelchen-Apparates. Schalleitungsschwerhörigkeiten können mit dieser Methode gut erfaßt werden. Für diese Arbeit wurden nur Kinder ausgewählt, die regelrechte Tympanogramme und damit keine Schalleitungsschwerhörigkeit aufwiesen. Die Tympanometrie ist im Anhang genauer beschrieben.

3.2.3. STAPEDIUSREFLEXAUDIOMETRIE

Die Stapediusreflexaudiometrie ist ein objektives Untersuchungsverfahren, welches Aussagen über das Hörvermögen des beschallten Ohres erlaubt. Sie ist deshalb objektiver als die Tonaudiometrie, weil man nicht auf eine aktive Mitarbeit des Patienten angewiesen ist. Dies ist natürlich bei Untersuchungen an Kindern besonders wichtig. Auch hier wird auf die ausführliche Beschreibung im Anhang verwiesen.

3.3. AUSWERTUNG DER DATEN

Zur Bestimmung der Hörverschlechterung werden die Untersuchungsergebnisse eines jeden der 247 Kinder zunächst in einer Tabelle - getrennt nach rechtem und linkem Ohr - zusammengefaßt. Dabei ist der Hörverlust in dB in Abhängigkeit von der Tragzeit des Hörgerätes in Monaten für verschiedene Frequenzen (0,5, 1, 2 und 4 KHz) aufgetragen. Die Tabelle gibt hierzu ein Beispiel:

Tragzeit	0	16	23	37	49	61	Monate
KHz							
0,5	75 dB	80 dB	80 dB	80 dB	85 dB	80 dB	
1	80 dB	85 dB	85 dB	85 dB	90 dB	90 dB	
2	85 dB	85 dB	80 dB	85 dB	90 dB	95 dB	
4	75 dB	100 dB	85 dB	90 dB	105 dB	100 dB	

Tab. 1

Ergebnisse des Stapediusreflexaudiogrammes eines 12-jährigen Jungen bei verschiedenen Frequenzen in Abhängigkeit von der Hörgerätetragezeit in Monaten

Die gefundenen Werte werden dann in ein Koordinatensystem eingezeichnet. Die Abszisse stellt die Hörgerätetragezeit, die negative Ordinate den Hörverlust dar. Man erhält so eine Anzahl von Punkten, die annähernd eine Gerade bilden. Um die bei jeder Auswertung entstehenden Fehler so klein wie möglich zu halten, wird für jede Punkteschar die Regressionsgerade errechnet. Sie stellt die eindeutig bestimmte Gerade dar, die der Bedingung genügt, daß die Summe der Abstandsquadrate zu den einzelnen Punkten minimal wird. Die Steigung der Regressionsgeraden gibt an, wie sich das Gehör im Laufe der Zeit entwickelt hat. Eine negative Steigung bedeutet dabei eine Hörverschlechterung; eine positive Steigung zeigt eine Hörverbesserung an. Eine Steigung von -1 z.B. bedeutet einen Hörverlust von 1 dB pro Monat. Zur Veranschaulichung sind in der Abbildung 1 die Werte der Tabelle 1 für die Messungen bei 0,5 KHz mit der zugehörigen Regressionsgeraden eingezeichnet. Die Steigung der Geraden beträgt hier -0,10 (≙ 1,2 dB Hörverlust pro Jahr).

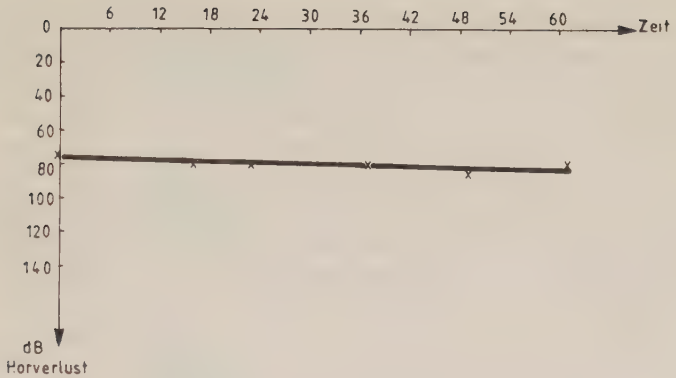


Abb.1

Meßwerte der Stapediusreflexaudiogramme bei 0,5 KHz in Abhängigkeit von der Hörgerätetragezeit in Monaten (siehe Tab.1) und die zugehörige Regressionsgerade

Nun werden die errechneten Steigungen in Urlisten, getrennt nach rechtem und linkem Ohr, Tonschwellenaudiogramm und Stapediusreflexaudiogramm, sowie den vier gemessenen Frequenzen, eingetragen. Auf diese Weise entstehen 16 Urlisten. Zur besseren Übersicht werden die Daten der Urlisten klassiert. Die Tabelle 2 im Anhang gibt die Klassengrenzen und Klassenmitten, ausgedrückt in dB Hörverlust pro Jahr, an. Die Häufigkeiten der klassierten Daten werden in Säulendiagrammen dargestellt. Dabei erfolgt eine Aufteilung nach verschiedenen Hörgerätetypen (s. Abb. 3 - 18). Die Häufigkeitsverteilung der Werte bei den Stapediusreflexaudiogrammen und den Tonschwellenaudiogrammen werden verglichen.

Aus den einzelnen Urlisten werden die Intervalle berechnet, in denen mit 95%iger Wahrscheinlichkeit der Mittelwert der Grundgesamtheit liegt (s. Abb. 3 - 18).

Bei manchen Kindern konnte nur eine Untersuchung (Stapediusreflexaudiogramm oder Tonschwellenaudiogramm) durchgeführt werden, oder es waren nicht alle Frequenzen meßbar. Einige Kinder waren auf einem Ohr taub, so daß nur Untersuchungen am anderen Ohr durchgeführt werden konnten. Dies erklärt die unterschiedliche Anzahl von Werten sowohl bei den Stapediusreflexaudiogrammen und den Tonschwellenaudiogrammen als auch bei den verschiedenen Frequenzen, sowie beim rechten und linken Ohr.

4. ERGEBNISSE

Die Verteilung der untersuchten Kinder hinsichtlich ihres Alters bei Hörgeräteanpassung und die Tragzeit der Hörgeräte zeigt die Abbildung 2. Es ist hier die Gesamttragzeit der Hörgeräte berücksichtigt, unabhängig davon, ob das Kind ein oder mehrere Geräte hintereinander getragen hat.

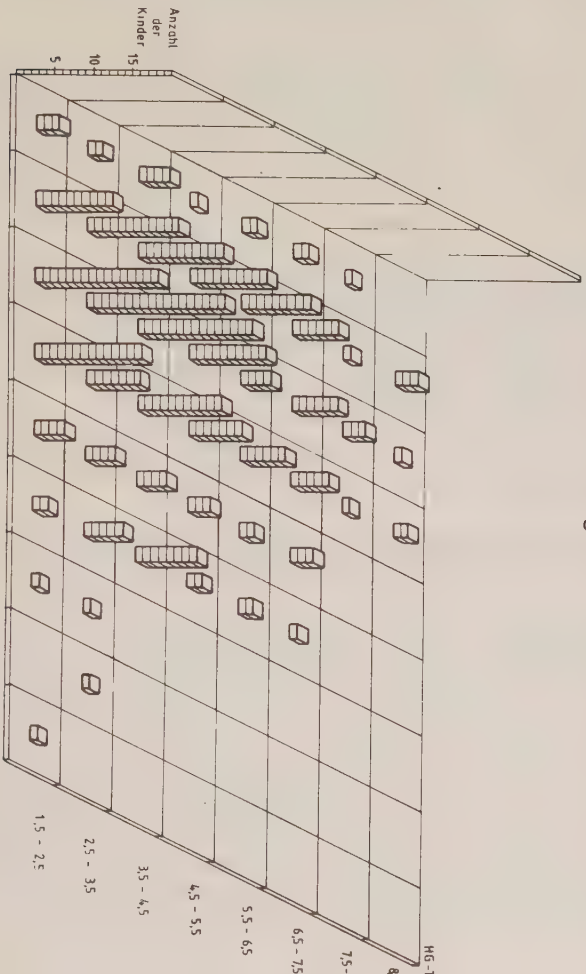


Abb. 2.
Verteilung der 247 untersuchten Kinder hinsichtlich Alter bei Hörgeräteanpassung und Tragezeit der Hörgeräte

Das Histogramm läßt erkennen, daß 91 der untersuchten Kinder (ca. 38%) ihr Hörgerät länger als viereinhalb Jahre tragen. Immerhin 13 der Kinder (ca. 5%) besitzen ihr Hörgerät länger als siebeneinhalb Jahre.

Der größte Teil der von uns untersuchten Kinder (ca. 54%) war bei Hörgeräteanpassung zwischen zwei und sechs Jahre alt. Tatsächlich liegt die Zahl der in den ersten Lebensjahren versorgten Kinder in unserer Klinik wesentlich höher, als dies aus dem Histogramm ersichtlich ist. Das liegt daran, daß frühversorgte Kinder meist den Auswahlkriterien dieser Arbeit nicht genügten. Häufig fehlten aussagekräftige Audiogramme, oder die Hörgerättragezeit war geringer als 18 Monate.

Nach dem zwölften Lebensjahr sinkt die Anzahl der Hörgeräteanpassungen rapide ab. Bei den zwölf- bis achtzehnjährigen Patienten wurden nur noch vier Hörgeräte (1,6%) verordnet. Bei diesen Fällen handelte es sich um Patienten mit geringgradiger Schallempfindungsstörung.

Die Säulendiagramme 3 - 18 zeigen, daß die Hörverluste bzw. Hörgewinne annähernd symmetrisch verteilt sind.

Von den 247 angepaßten Hörgeräten waren 151 (ca. 61%) $AGC_{(i)}$-Geräte, 49 (ca. 20%) AVC-Geräte und 47 (ca. 19%) $AGC_{(o)}$-Geräte. Die Aufteilung der Hörgerättypen in den einzelnen Säulen der Histogramme 3 - 18 läßt keine wesentlichen Abweichungen von diesen Werten erkennen. Insbesondere ist die Verteilung zur positiven und negativen Seite anteilsmäßig gleich. Lediglich in Abbildung 13 (Tonschwellenaudiogramm des linken Ohres bei 1 KHz) scheinen die AVC-Geräte vorwiegend bei Hörverschlechterungen vorzukommen. Betrachtet man jedoch die Abbildung 14 (Stapediusreflexaudiogramm des linken Ohres bei gleicher Frequenz), so liegen hier die AVC-Geräte eher auf der Seite der Hörverbesserung.

Stellt man die Werte für Tonschwellenaudiogramme und Stapediusreflexaudiogramme bei gleicher Klassenbreite untereinander dar (Abb. 3 - 18), so bemerkt man, daß die Werte der Stapediusreflexaudiogramme wesentlich geringer streuen und stärker um den Nullpunkt zentriert sind.

Um eine genauere Auskunft darüber zu erhalten, wie sich die Daten zum Nullpunkt verhalten, wird der empirische Median, der Mittelwert und der Erwartungswert des Mittelwertes der Grundgesamtheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% errechnet. Sowohl der Median als auch der Mittelwert fallen bei den Stapediusreflexaudiogrammen praktisch mit dem Nullpunkt zusammen. Die größte Abweichung des Mittelwertes beträgt 0,03 (≙ 0,4 dB Hörverlust pro Jahr), die des Medians 0,04 (≙0,5 dB Hörverlust pro Jahr). Bei den Tonschwellenaudiogrammen sind der Mittelwert und der Median leicht zur Seite der Hörverbesserung verschoben. Die größten vom Nullpunkt abweichenden Werte sind hier 0,11 (≙ 1,3 dB Hörgewinn pro Jahr) für den Median und 0,13 (≙ 1,6 dB Hörgewinn pro Jahr) für den Mittelwert.

Die Berechnung der 95%igen Wahrscheinlichkeitsgrenzen des Mittelwertes der Grundgesamtheit bringt folgende Ergebnisse:

1. Die Wahrscheinlichkeitsgrenzen sind sehr schmal (Abb. 3 - 18). Das bedeutet, daß der Mittelwert der Grundgesamtheit ziemlich genau festgelegt ist.

2. Die Wahrscheinlichkeitsintervalle bei den Tonschwellenaudiogrammen sind gegenüber dem Nullpunkt leicht zur Hörverbesserung verschoben.

3. Die Wahrscheinlichkeitsintervalle bei den Stapediusreflexaudiogrammen zeigen in einigen Fällen (Abb. 4) eine diskrete Verschiebung zur Hörverschlechterung.

Abb. 3

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonaudiogramme bei 0,5 KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

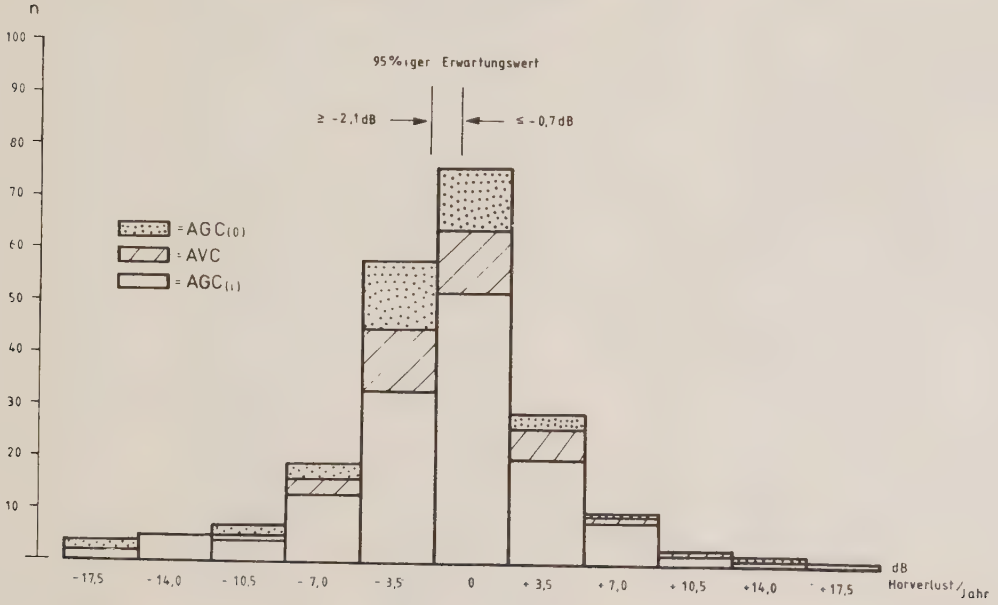


Abb. 4

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 0,5 KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

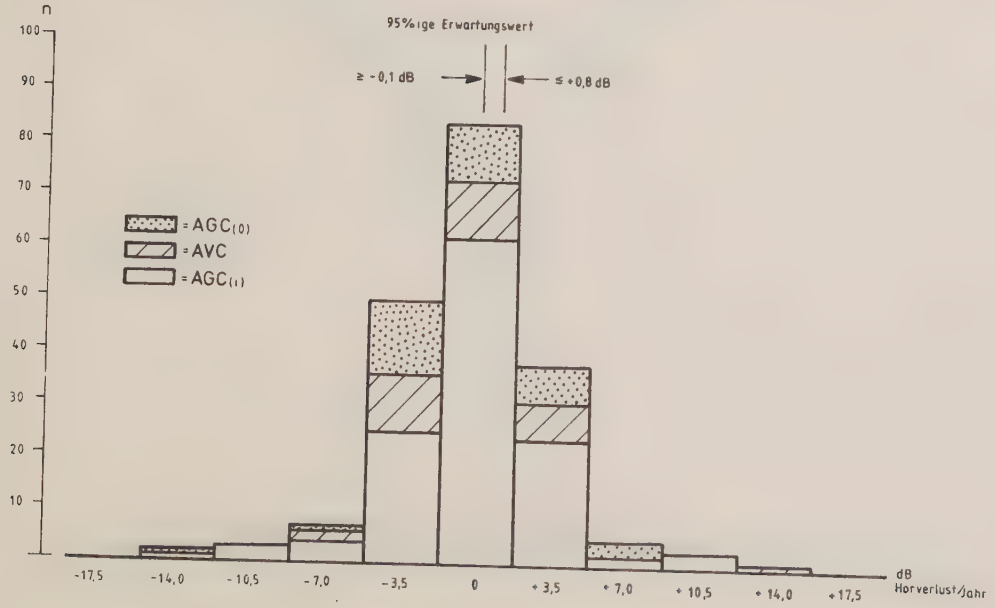


Abb. 5

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonaudiogramme bei 1KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

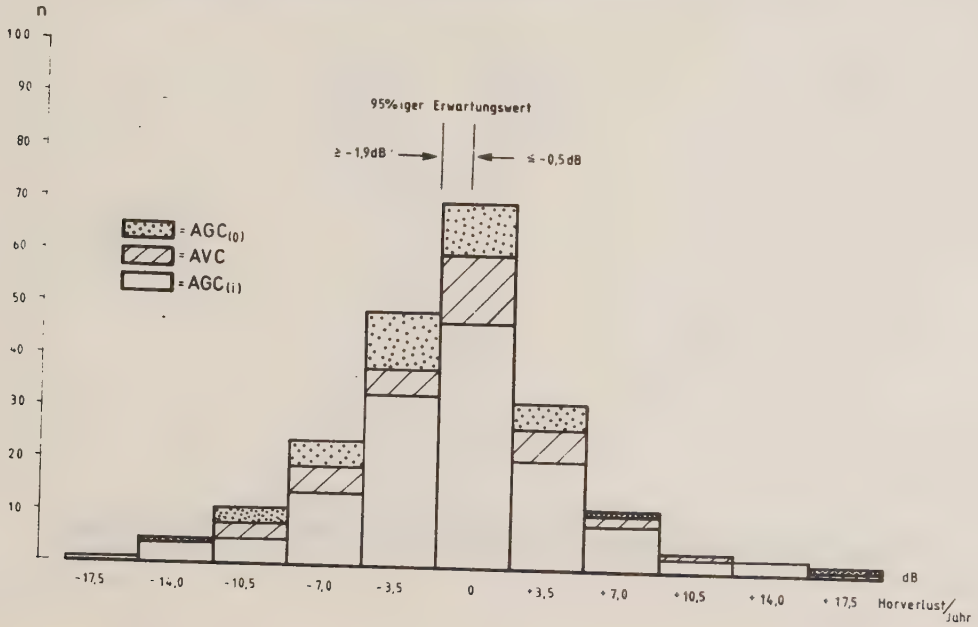


Abb.6

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 1 KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

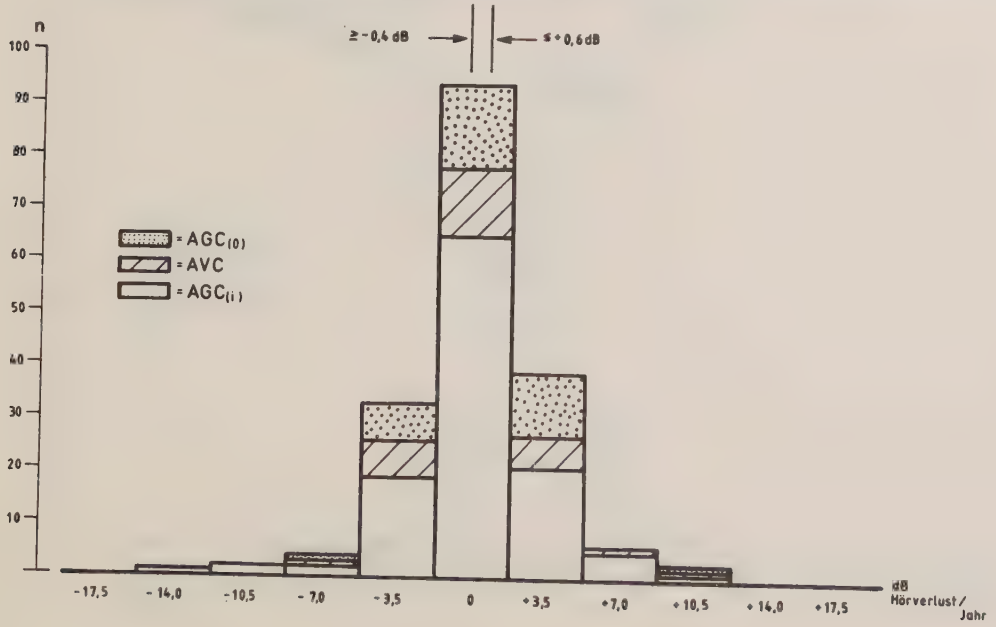


Abb. 7

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonschwellenaudiogramme bei 2KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

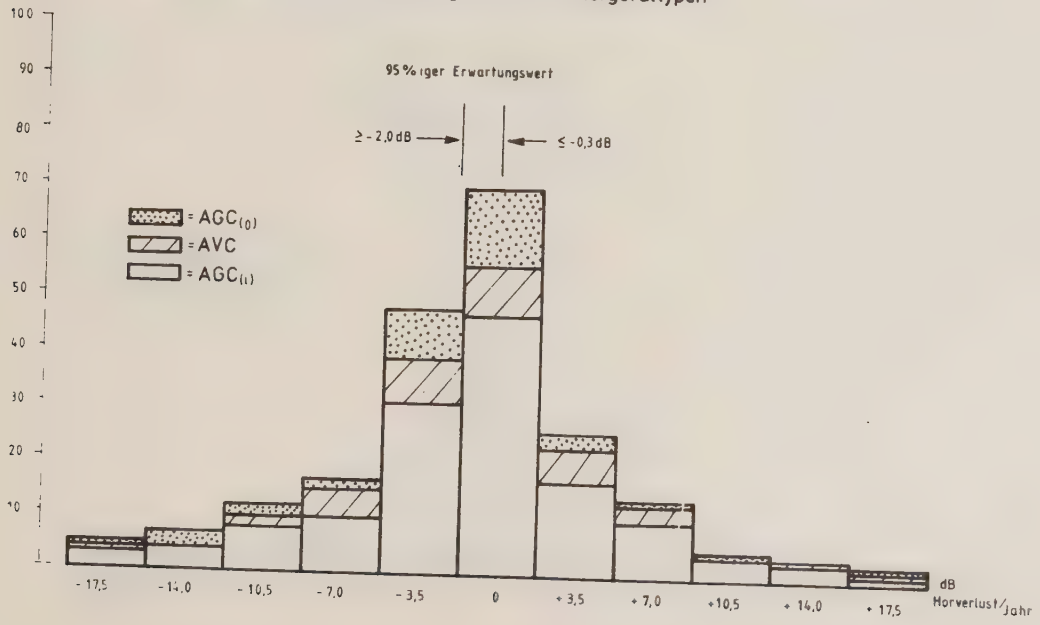


Abb. 8

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 2 KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

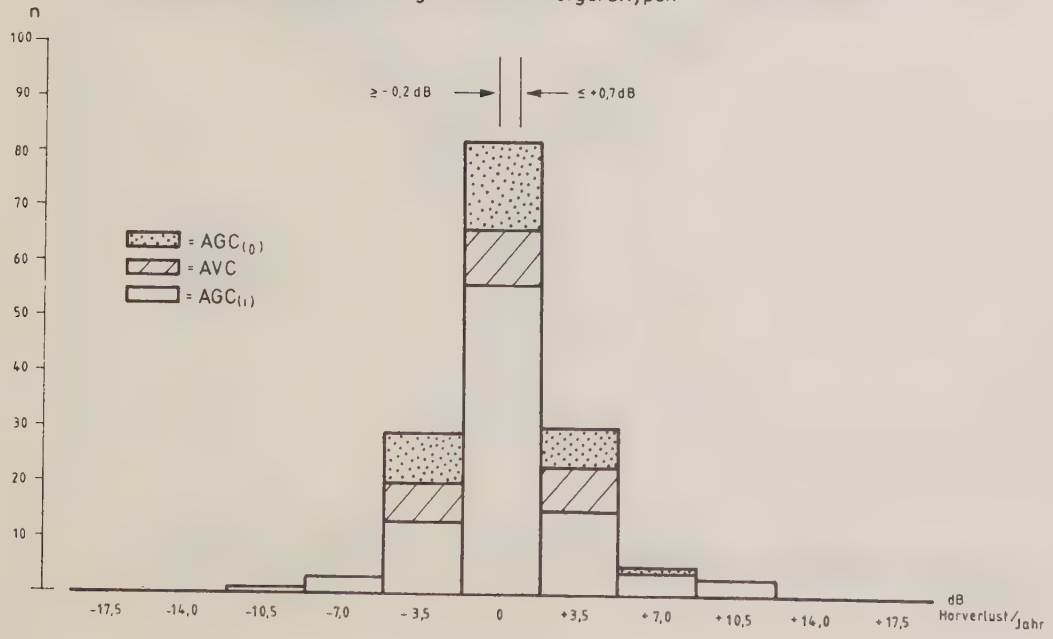


Abb. 9

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradenansteigungen der Tonaudiogramme bei 4 KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

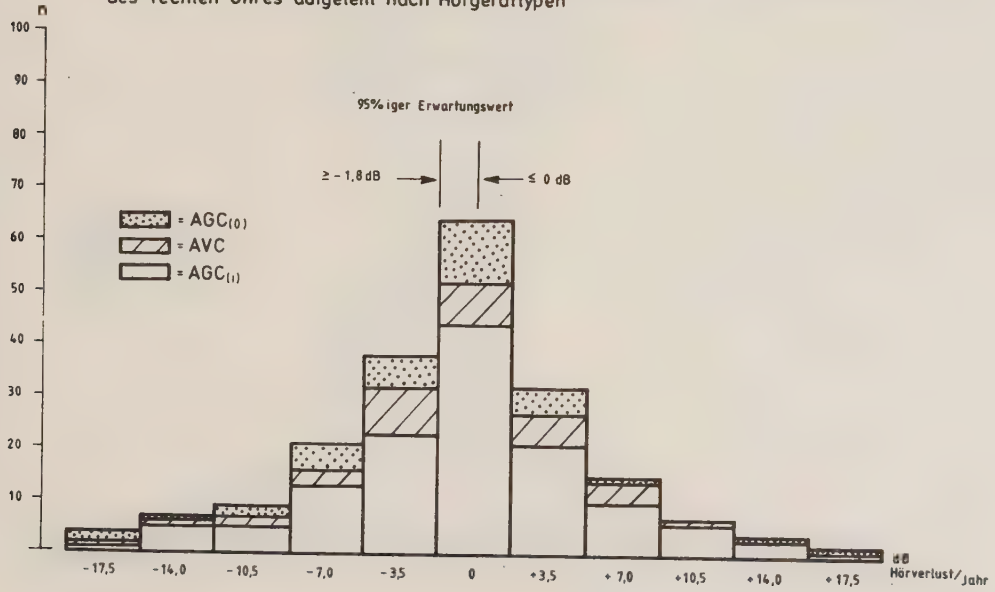


Abb. 10

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 4 KHz des rechten Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

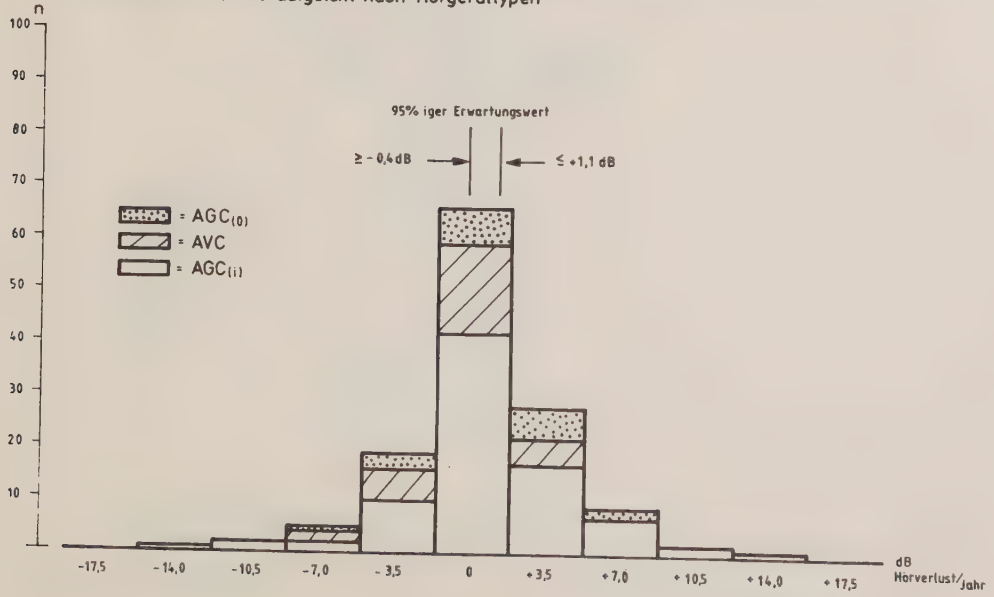


Abb. 11
Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonaudiogramme bei 0,5 KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

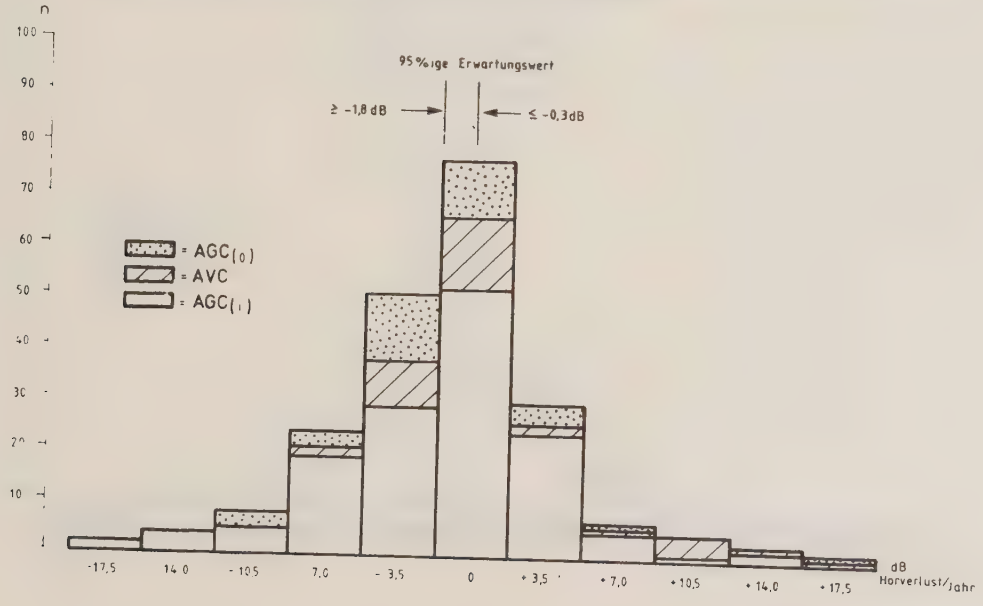


Abb. 12
Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 0,5 KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

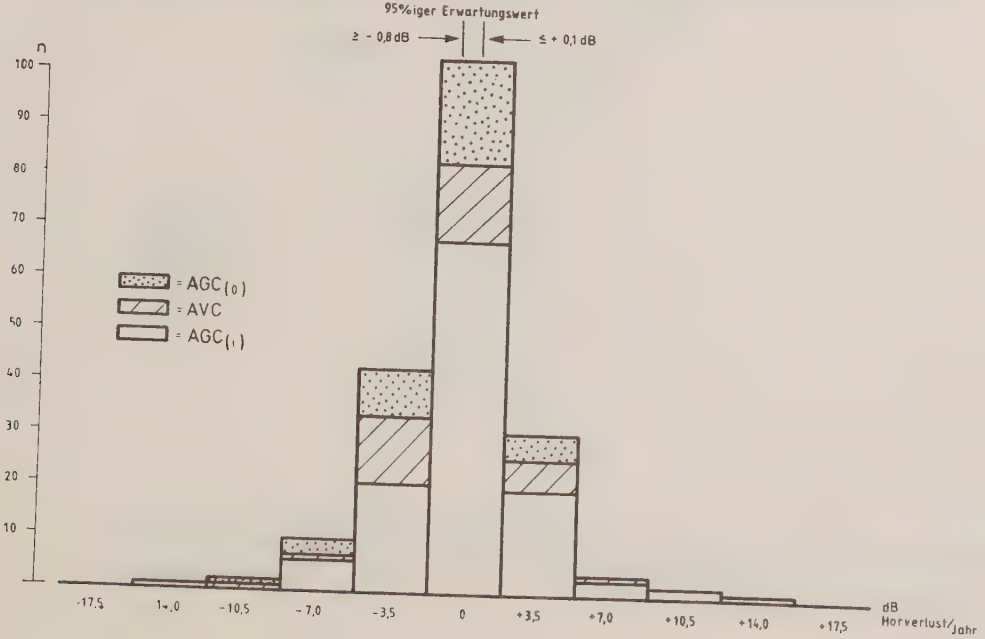


Abb. 13

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonaudiogramme bei 1 KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

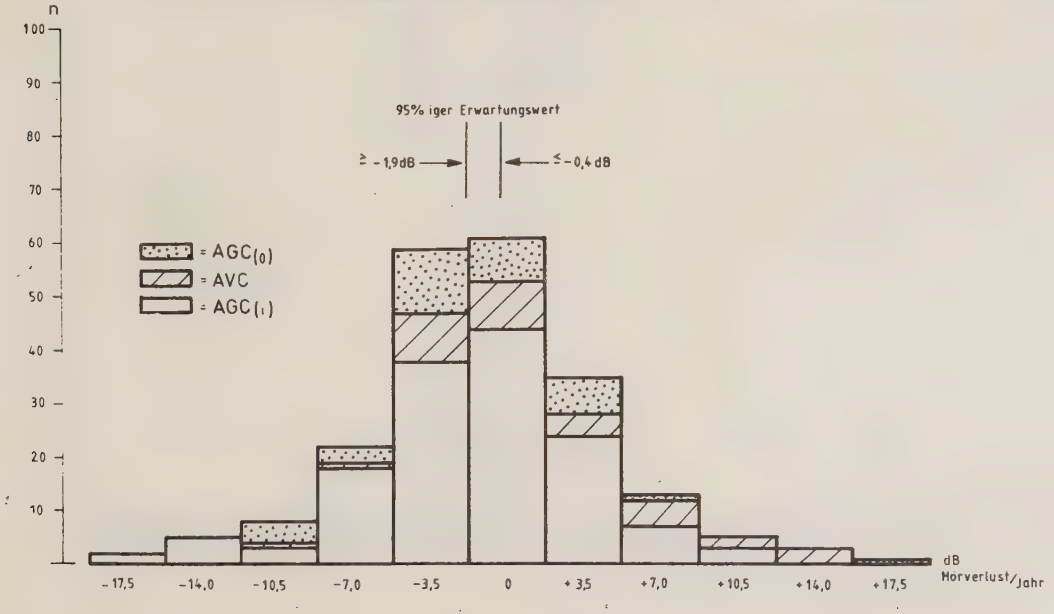


Abb. 14

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 1KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

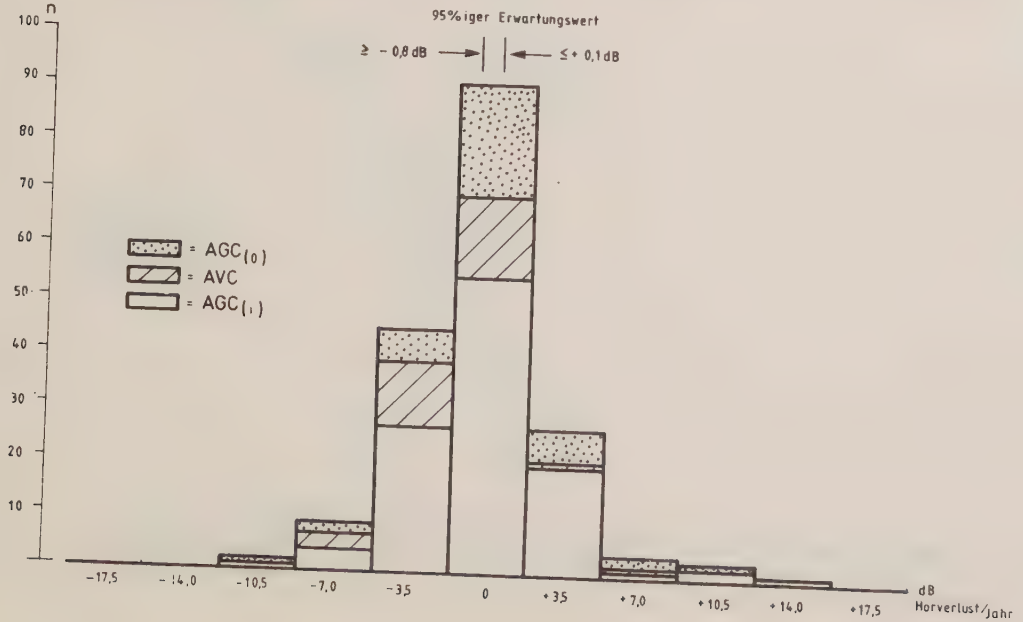


Abb. 15
Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonaudiogramme bei 2 KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

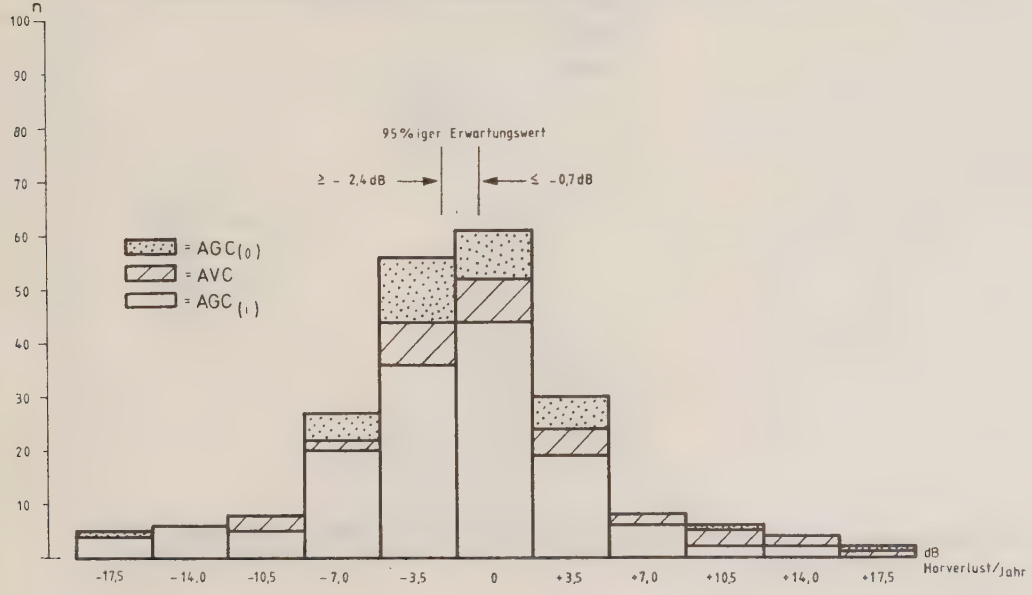


Abb. 16

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 2KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

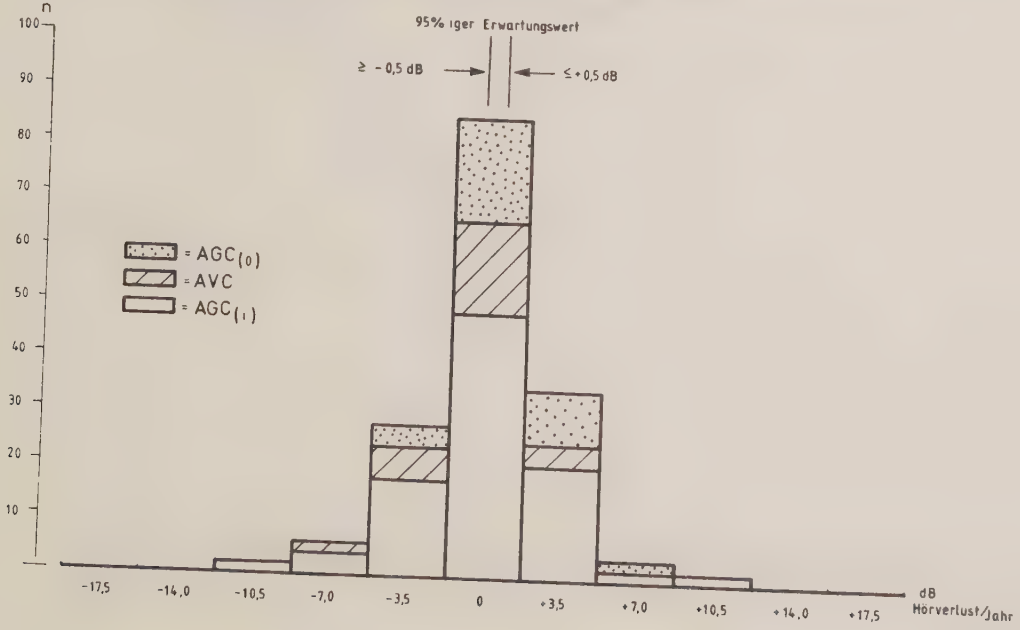


Abb. 17

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Tonaudiogramme des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen

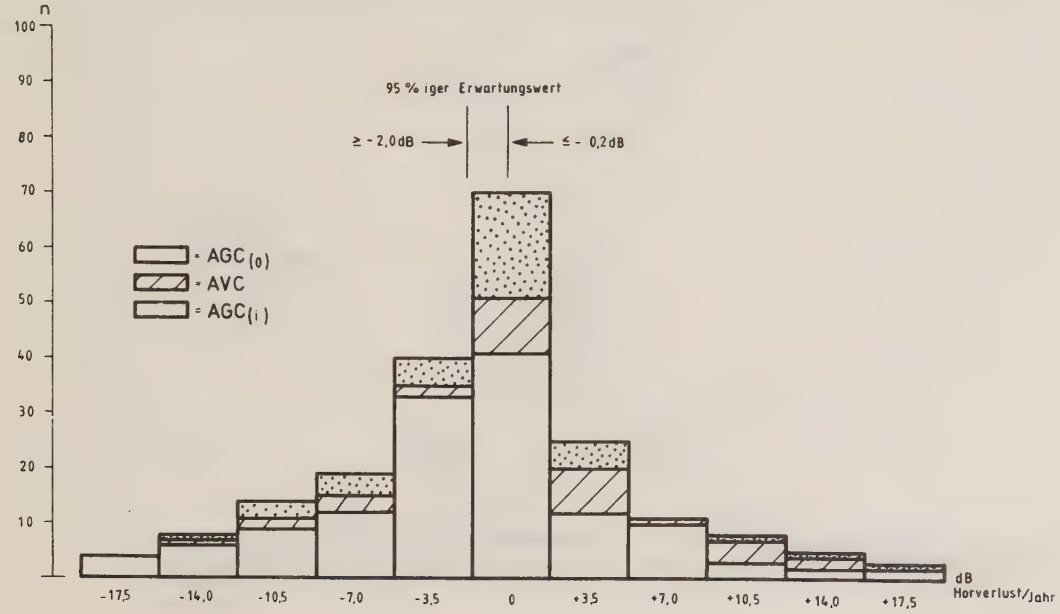
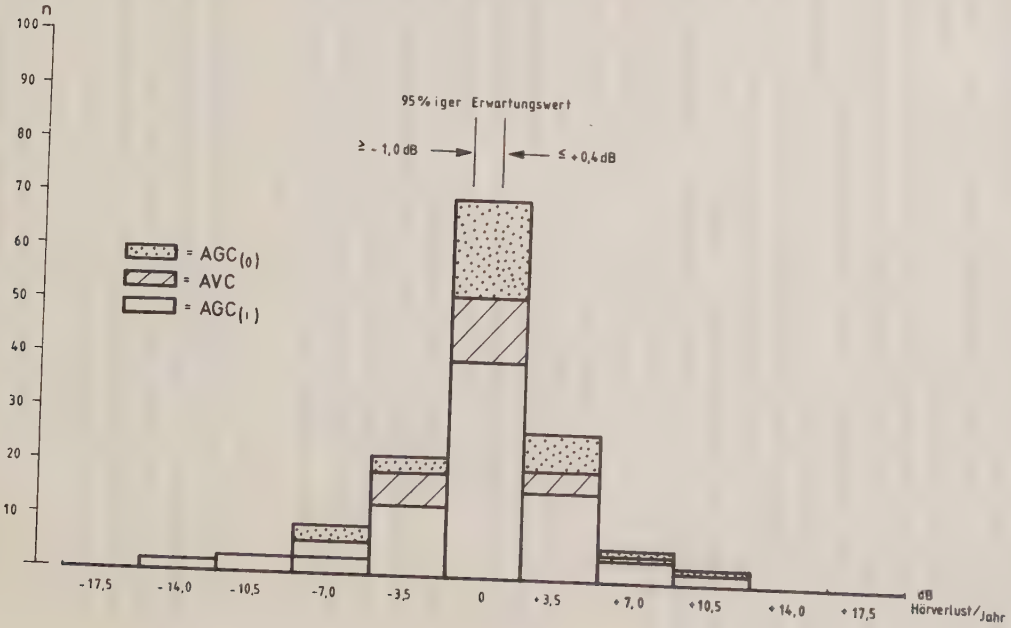


Abb. 18

Häufigkeiten der klassierten Regressionsgeradensteigungen der Reflexaudiogramme bei 4KHz des linken Ohres aufgeteilt nach Hörgerättypen



5. DISKUSSION

Bei der Auswertung unserer Ergebnisse finden sich einige Argumente, die dafür sprechen, daß es auch bei unseren Kindern zu Hörverschlechterungen gekommen ist.

So weichen die Wahrscheinlichkeitsintervalle des Mittelwertes der Grundgesamtheit bei den Stapediusreflex-Audiogrammen in einigen Fällen zur Seite der Hörverschlechterung ab. Eine gewisse Tendenz zur Hörverschlechterung zumindest in einigen Frequenzbereichen kann also nicht abgestritten werden.

Betrachtet man die rechte Hälfte aller Säulendiagramme, stellt man fest, daß es immerhin bei ca. 30% der von uns untersuchten Kinder zu Hörverschlechterungen gekommen ist. Auch wenn es sich meist um geringe Schwellenabwanderungen handelt, muß man doch eingestehen, daß es bei ca. 12% unserer untersuchten Kinder zu starken Hörverschlechterungen im Bereich von 25 dB bis 50 dB bei einem Beobachtungszeitraum von sechs Jahren gekommen ist (Tabelle 3 im Anhang).

Zwei dieser Fälle seien hier kurz dargestellt:

1. Ein dreijähriges Mädchen erhält wegen einer ätiologisch nicht geklärten, hochgradigen reinen Innenohrschwerhörigkeit ein Hörgerät (Siemens Euroton Variabel mit Hörer 22D). In den folgenden Jahren werden wiederholt audiologische Kontrollen durchgeführt. Es kommt zu keiner Änderung des Hörvermögens. Mit sechs Jahren erhält das Mädchen zwei Geräte der Firma Bosch (Omniton Star 6 DRC). Auch jetzt ändert sich das Gehör des Kindes nicht. Ab dem zehnten Lebensjahr verschlechtert sich das Hörvermögen von Messung zu Messung. Mit zwölf Jahren erhält das Mädchen erneut ein Hörgerät (Danavox 747 PP Stereo mit zwei Hörern N 68). Vom zehnten bis zum fünfzehnten Lebensjahr kommt es auf beiden Ohren zu einer Progredienz von 40 dB bei 500 Hz, 30 dB bei 1000 Hz, 25 dB bei 2000 Hz und 4000 Hz.

2. Ein dreijähriges Mädchen mit einer mittelgradigen, ätiologisch unklaren Schallempfindungsstörung erhält ein Hörgerät der Firma Bosch (Omniton 11 B AVC). Der Hörverlust bleibt in den folgenden Jahren konstant. Ab dem neunten Lebensjahr verschlechtert sich das Gehör vornehmlich auf der linken Seite. Ein Jahr später bekommt das Mädchen ein neues Hörgerät (Bosch Elektronik Omniton Star 6 DRC). Bis zum 14. Lebensjahr verschlechtert sich das Gehör des linken Ohres in allen gemessenen Frequenzen um 40 dB zu fast völliger Taubheit. Das Hörvermögen des rechten Ohres nimmt dagegen nur um 20 dB in den Frequenzen 1000 Hz und 2000 Hz ab.

Auf der anderen Seite gibt es auch einige Argumente, die eher gegen eine zusätzliche Hörverschlechterung sprechen.

So fallen zum Beispiel der Median und auch der Mittelwert der Regressionsgeradensteigungen der Stapediusreflex-Audiogramme mit dem Nullpunkt zusammen, was nichts anderes bedeutet, als daß es im Mittel zu keiner Hörverschlechterung kommt. Die bei den Tonschwellenaudiogrammen etwas zur Hörverbesserung tendierenden Werte erklären sich durch die Subjektivität der Meßmethode. Durch wiederholte Messungen kann es zu einem Trainingseffekt und so zu besseren Ergebnissen kommen. Schon DUNAJVITSER (1953) erklärte die Hörverbesserungen bei seinen Untersuchungen mit einem Übungseffekt.

Auch die Berechnung der 95%igen Wahrscheinlichkeitsgrenzen des Mittelwertes der Grundgesamtheit, die den Nullpunkt fast immer einschließen, sprechen gegen eine Hörverschlechterung.

Betrachtet man alle Säulendiagramme (Abb. 3 - 18), so fällt deren etwa gleiche Breite im Hoch- und Tieftonbereich auf. Dies läßt zumindest eine verstärkerbedingte Hörverschlechterung unwahrscheinlich erscheinen.

Als weiterer Punkt muß angeführt werden, daß die Streuung bei den Stapediusreflexaudiogrammen wesentlich geringer ist als bei den Tonschwellenaudiogrammen. Auch dies deutet darauf hin, daß es zu keiner wesentlichen Hörverschlechterung gekommen ist. Neben den Kindern, bei denen starke Hörverschlechterungen festgestellt wurden, gibt es auch solche, bei denen es zu erheblichen Hörverbesserungen gekommen ist. Auch hierfür seien kurz zwei Beispiele angeführt:

3. Ein elfjähriger Junge wird wegen einer ätiologisch unklaren, mittelgradigen Schallempfindungsstörung mit positivem Recriutment hörgerätemäßig versorgt (Bosch Elektronik Omniton Star d DRC). Der Hörverlust im Tonaudiogramm liegt bei 60 - 70 dB beidseits. Die Stapediusreflexe sind auf beiden Seiten bei 85 - 90 dB auslösbar. Ein Jahr später ergibt eine Kontrolluntersuchung ein unverändertes Tonschwellenaudiogramm. Die Stapediusreflexe sind jetzt schon bei 70 - 80 dB auslösbar. Drei Jahre nach Hörgeräteanpassung findet sich ein Tonschwellenaudiogramm mit einem Hörverlust von nur noch 15 - 20 dB auf beiden Seiten. Die Stapediusreflexe sind bei 75 - 80 dB auslösbar.

4. Ein fünfjähriges Mädchen erhält wegen einer ätiologisch ungeklärten, mittelgradigen Schallempfindungsstörung ein Hörgerät (Bosch Elektronik Omniton Star 6 DRC). Ein Jahr später ist der audiologische Befund unverändert. Drei Jahre nach der Hörgeräteanpassung hat sich das Tonaudiogramm um 20 - 30 dB verbessert. Dieses Ergebnis bestätigt sich bei erneuter Messung. Die Stapediusreflexe bleiben demgegenüber im gesamten Zeitraum, bis auf geringe Schwankungen, unverändert.

Trotz aller Argumente, die gegen eine Hörverschlechterung der von uns untersuchten Kinder sprechen, bleibt doch die Tatsache bestehen, daß es bei ca. 12% der Kinder zu Schwellenabwanderungen von 25 dB - 50 dB gekommen ist. Daß es sich nicht um einfache Streuungen um den Nullpunkt handelt, zeigen die

Beispiele der zwei Mädchen mit starker Hörverschlechterung (Fall 1 und 2). Zwar kann man anführen, daß es auch Fälle mit Hörverbesserung gibt, wie es die zwei anderen geschilderten Fälle (Fall 3 und 4) zeigen, dieses Argument stellt jedoch für den Betroffenen keinen Trost dar. Frühere Beobachtungen haben außerdem gezeigt, daß es bei Innenohr- oder zentraler Schwerhörigkeit kaum einmal zu einer Hörverbesserung kommt.

Dieser Widerspruch kann und soll jedoch an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden. Vielmehr interessiert uns die Frage, ob diese Hörverschlechterungen durch Hörgeräte verursacht sind. Rasche Progredienz im hohen Tonbereich ab 1000 Hz würden für eine verstärkerbedingte Schädigung sprechen. Dies trifft bei allen von uns untersuchten Kindern mit fortschreitender Schwerhörigkeit jedoch nicht zu. Bei unseren Untersuchungen fanden wir annähernd gleiche Schwellenveränderungen im Tief- und Hochtonbereich. Außerdem trugen die Kinder ihr Hörgerät meist schon viele Jahre, bevor es dann plötzlich zu einer Hörverschlechterung kam. Es muß sich also bei den von uns untersuchten Kindern mit Hörverschlechterung um hörgeräteunabhängige Verschlechterungen handeln. An dieser Stelle sei angemerkt, daß wir in der letzten Zeit den Eindruck haben, daß es in einigen Fällen in der Pubertät zu einem Schub der Hörverschlechterung kommt.

Die zentrale Frage ist jedoch: Sind die von BIESALSKI (1977) gemessenen Hörverluste auf Super-Power-Geräte zurückzuführen, oder liegen andere Ursachen vor? Diese Frage kann nur aus einer Gegenüberstellung der Ergebnisse von BIESALSKI mit unseren geklärt werden. Das Fehlen von einigen speziellen Daten, so z.B. der Anteil der getragenen Super-Power-Geräte, die Art der Audiogrammauswertung und die Tragzeit der Hörgeräte lassen allerdings einen wirklichen Vergleich nicht zu.

In zwei wichtigen Punkten unterscheiden sich unsere Ergebnisse von denen von BIESALSKI: Zum einen findet BIESALSKI in seiner Untersuchung in ca. 35% der Fälle hochgradige Schwellenabwanderungen im Bereich von 25 - 50 dB. Wir stellen jedoch nur bei 12% der untersuchten Kinder eine derartige Hörverschlechterung fest. Zum anderen finden sich bei BIESALSKI die Schwellenabwanderungen vornehmlich im Hochtonbereich. Wir beobachten bei unseren Untersuchungen jedoch annähernd gleiche Schwellenveränderungen im Tief- und Hochtonbereich.

Diese beiden Ergebnisse unterstützen somit BIESALSKI's Befürchtungen, daß es bei Kindern mit Super-Power-Apparaten zu Hörverschlechterungen kommen kann, die durch ebendiese verursacht sind.

Wir glauben, dieser Gefahr durch die Verordnung von dynamikgeregelten Hörgeräten wirkungsvoll aus dem Wege gegangen zu sein. Diese Geräte (AVC, $AGC_{(i)}$ und $AGC_{(o)}$) komprimieren die auf das Ohr einwirkende Schallenergie auf einen Bereich, der zwischen Hörschwelle des schwerhörigen Kindes und dessen Unbehaglichkeitsschwelle liegt. Leise Töne werden dabei verstärkt, laute Töne unverstärkt weitergegeben. Bei den $AGC_{(o)}$-Geräten werden sehr laute Töne sogar abgeschwächt. Nur dieses Prinzip ermöglicht eine maximale Informationsübertragung - selbst bei geringen Hörresten - ohne dabei das Ohr mit zu starken Schallenergien zu belasten. Selbstverständlich müssen einer guten Hörgeräteanpassung regelmäßige Kontrollen folgen, die nicht nur das kindliche Gehör überprüfen, sondern auch die Funktion und Einstellung des Hörgerätes.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Um bei hörbehinderten Kindern einen geistigen Rückstand zu vermeiden, wird eine möglichst frühe Versorgung mit einem Hörgerät angestrebt. So sinnvoll die Hörgeräteanpassung auch sein mag, so ist sie doch schon seit langem nicht mehr unumstritten. Seit rund 40 Jahren wird immer wieder die Frage diskutiert, ob es durch Hörgeräte zu einer Hörverschlechterung bei Kindern kommen kann. Trotz vieler Arbeiten auf diesem Gebiet bleiben die Meinungen gegensätzlich. Einige Autoren halten eine Schädigung in Form akustischer Traumen durch hochverstärkende Hörgeräte für möglich, andere glauben an spontane Hörverschlechterungen. Sie schließen verstärkerbedingte Hörverluste aus.

Angeregt durch BIESALSKI's (1977) alarmierende Ergebnisse, führten wir Untersuchungen an 247 Kindern zwischen 2 und 18 Jahren mit reiner Schallempfindungsstörung durch. Alle Kinder, die in unserer Klinik mit Hörgeräten versorgt werden, besitzen dynamikgeregelte Geräte, die das Ohr vor Überlastung schützen sollen.

Unsere Untersuchungen zeigen, daß es bei ca. 12% der Kinder zu Hörverschlechterungen zwischen 25 dB - 50 dB gekommen ist. Dabei handelt es sich um annähernd gleichgroße Schwellenabwanderungen im Hoch- und Tieftonbereich, was eher gegen eine verstärkerbedingte Hörverschlechterung spricht.

Der Anteil der Hörverschlechterung um 25 dB - 50 dB lag bei BIESALSKI's Untersuchungen bei ca. 35%, also wesentlich höher als bei den von uns untersuchten Kindern. Außerdem fand er im Gegensatz zu uns vornehmlich Schwellenabwanderungen im Hochtonbereich.

Unsere Untersuchungsergebnisse stützen somit BIELSALSKI's Vermutung, wonach es neben spontan progredienten Fällen auch zu Hörverschlechterungen durch hochverstärkende Hörgeräte kommen kann.

7. ANREGUNG ZU WEITEREN WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN

Leider konnten in dieser Arbeit nicht alle berührten Themen untersucht und diskutiert werden. Das würde den Rahmen der Arbeit sprengen. Jedoch sollen an dieser Stelle einige Anregungen zu weiteren Arbeiten gegeben werden.

So wäre es interessant zu untersuchen, worauf die in dieser Arbeit gefundenen Hörverbesserungen zurückzuführen sind. Wie schon erwähnt, hatten wir in letzter Zeit den Eindruck, daß es altersabhängig, nämlich in der Pubertät, zu einem Schub der Hörverschlechterung kommt. Dies müßte durch eine genaue Untersuchung überprüft werden.

Schließlich wäre es noch wichtig festzustellen, inwieweit ätiologisch eindeutig geklärte Schwerhörigkeiten (z.B. durch Rötelnemryopathie, durch Meningitis, perinatal erworben und hereditär) zu Hörverschlechterungen neigen.

8. ANHANG

8.1. AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSMETHODEN

8.1.1. TONSCHWELLENAUDIOMETRIE

Das Tonaudiometer besteht im Prinzip aus einem Tongenerator, einem Verstärker, einem dB-Steller und einem Schallsender. Der Tongenerator erzeugt reine Impulstöne im Frequenzbereich von gewöhnlich 125 - 8000 Hz. Die Töne werden für jedes Ohr einzeln und nacheinander dem Patienten zugeführt. Dies kann über Luftleitung oder Knochenleitung geschehen. Bei der Luftleitung dient ein Kopfhörer, bei der Knochenleitung ein dem Warzenfortsatz aufgesetztes schwingungsfreies Hartmaterial als Schallsender.

Die durch die Tonaudiometrie gefundene Hörschwelle für reine Töne wird in ein Koordinatensystem eingetragen, mit der Frequenz in Hz als Abszisse und dem Hörverlust in dB als negative Ordinate. Die Nullinie in Audiogrammformular ist nach ISO (= International Organisation for Standarisation) genormt und entspricht der Hörschwelle eines Normalhörenden (KRISCHNAK, 1977). Von dieser Nullinie aus wird jeder Ton so lange verstärkt, bis der Patient ihn hört. Durch die Verbindung der einzelnen Hörschwellenpunkte für die verschiedenen Frequenzen erhält man die Hörschwellenkurve für die Luft- und Knochenleitung (s. Abb. 19).

Bei der Schallempfindungsstörung ist der Hörverlust für die Luft- und Knochenleitung gleich groß. Es besteht keine Differenz zwischen den beiden Hörschwellenkurven (s. Abb. 19).

Eine Schalleitungsschwerhörigkeit zeigt sich im Tonaudiogramm in einer Differenz zwischen Luft- und Knochenleitungskurve. Dabei werden für die Luftleitung größere Lautstärken benötigt (s. Abb. 20).

Bei der kombinierten Schwerhörigkeit ist der Hörverlust für die Knochen- und Luftleitung unterschiedlich groß, wobei auch hier für die Luftleitung größere Lautstärken benötigt werden (s. Abb. 20).

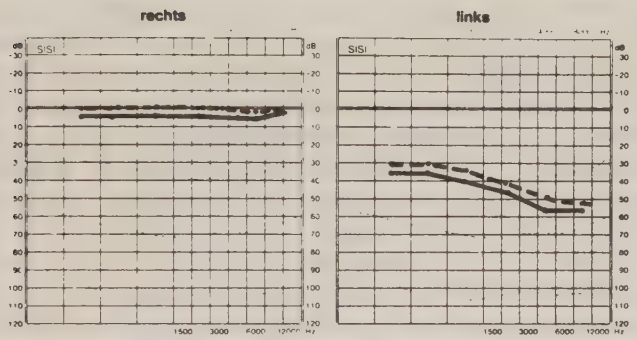


Abb 19 : Tonschwellenaudiogramm

Rechtes Ohr: Normales Tonschwellenaudiogramm
Linkes Ohr : Tonschwellenaudiogramm bei Innenohrschwerhörigkeit
——— = Luftleitung ; — — — = Knochenleitung

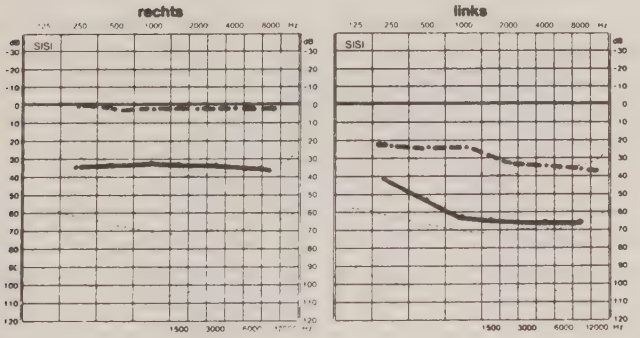


Abb 20 Tonschwellenaudiogramm

Rechtes Ohr. Tonaudiogramm bei Schalleitungs-schwerhörigkeit

Linkes Ohr : Tonaudiogramm bei kombinierter Schwerhörigkeit

8.1.2. TYMPANOMETRIE

Die Grundlage dieser Untersuchungsmethode ist die Tatsache, daß der Mittelohrdruck bei normaler Tubenfunktion dem der Atmosphäre und damit dem im äußeren Gehörgang entspricht. Die Druckdifferenz vor und hinter dem Trommelfell ist also gleich Null. Unter dieser Bedingung ist der akustische Widerstand, die Impedanz, minimal. Wird die Eustachische Röhre jedoch durch eine Entzündung oder andere Ursachen verlegt, so findet keine Belüftung des Mittelohres mehr statt. Die noch vorhandene Luft wird von der Schleimhaut der Paukenhöhle resorbiert, und es entsteht ein Unterdruck. Das Trommelfell wird nach innen gezogen, dadurch vorgespannt, und somit erhöht sich der akustische Widerstand. Erzeugt man nun im äußeren Gehörgang einen so starken Unterdruck, daß die Impedanz minimal wird, so kann man aus dem vor dem Trommelfell aufgewandten Druck auf den hinter dem Trommelfell schließen.

Zur Tympanometrie wird der äußere Gehörgang luftdicht mittels einer Meßsonde angeschlossen, die drei Schlauchenden enthält: Eine leitet vom Lautsprecher die Schallenergie in den äußeren Gehörgang, die zweite führt zu einem Meßmikrofon, das den reflektierten Ton empfängt. Über die dritte Schlauchsonde kann der Druck im äußeren Gehörgang geändert werden. Es werden Drucke von +300 mm H_2O bis -300 mm H_2O aufgebaut.

In der Praxis geht man so vor, daß der Druck im abgedichteten Ohr fortlaufend von +300 nach -300 mm H_2O geändert wird und dabei die Impedenz gemessen wird. Für das normal bewegliche Trommelfell ergibt sich eine Kurve mit einem spitzen Gipfel im Nulldurchgang. Dieser Gipfel entspricht der minimalen Impedanz bzw. maximalen Compliance (= Dehnbarkeit) des Trommelfells (s. Abb. 21). Der Gipfel ist umso niedriger, je mehr das Trommelfell versteift oder gedämpft ist (s. Abb. 21).

Besteht in der Pauke ein Unterdruck, wie zum Beispiel beim Tubenmittelohrkatarrh, so ist das Impedanzminimum zu negativen Drucken verschoben (s. Abb. 21). Der Unterdruck ist erst von Bedeutung, wenn er -100 mm H_2O übersteigt. Liegt ein Erguß oder ein vernarbtes Trommelfell vor, so ist die Kurve extrem abgeflacht, Zeichen einer starken Dämpfung des Trommelfells (s. Abb. 21).

Die Tympanometrie ist eine Voraussetzung für die Stapediusreflexprüfung. Der Stapediusreflex läßt sich nur sicher beurteilen, wenn das Maximum der Compliance im Bereich des Nullpunkts liegt.

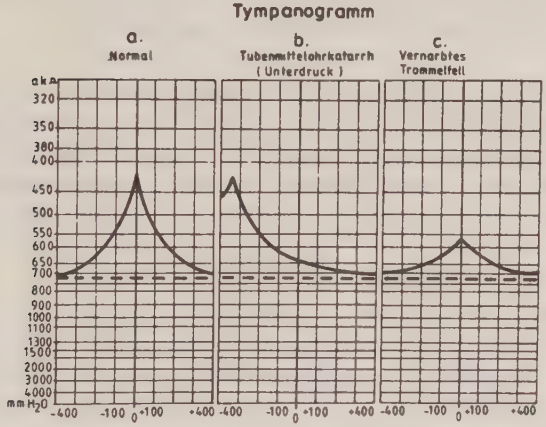


Abb. 21 Tympanogramm
a. Normales Tympanogramm
b. Tympanogramm bei Tubenmittelohrkatarrh (erheblicher Unterdruck)
c. vernarbtes Trommelfell

8.1.3. STAPEDIUSREFLEXAUDIOMETRIE

Das Prinzip der Stapediusreflexaudiometrie beruht darauf, daß ein akustisches Signal von 70 - 80 dB über der Hörschwelle den Stapediusreflex auslöst. Der M. stapedius kontrahiert sich, spannt das Trommelfell und führt so zu einer Impedanzänderung. Gemessen wird die Amplitude des vom Trommelfell zurückgeworfenen Schallanteils bei Änderung der Impedanz.

Der Stapediusreflex erfolgt auf beiden Ohren, auch wenn nur ein Ohr beschallt wird. Dies ermöglicht eine homo- und contralaterale Messung. Die contralaterale Messung ist die zumeist gebräuchliche. Auf einem Ohr wird die gleiche Sonde verwendet, die auch zur Tympanometrie verwendet wird (s. Abschnitt 8.1.2.). Auf dem anderen Ohr sitzt ein Kopfhörer, über den der Prüfschall auf das Ohr gegeben wird.

Voraussetzung für die Messung der Impedanzänderung ist die Schwingungsfähigkeit der Trommelfelle beider Ohren, denn nur wenn diese gewährleistet ist, kann die reflektorische Impedanzänderung erfaßt werden. Die Schwingungsfähigkeit des Trommelfells wird mittels der Tympanometrie festgestellt (s. Abschnitt 8.1.2.).

Zur Auslösung des Reflexes werden Tonimpulse von 1 - 2 sec. Dauer verwendet. Das Aufsuchen der Reflexschwelle beginnt bei 80 dB und erfolgt in 5-dB-Schritten. Hat man den Reflexschwellenwert gefunden, wird dieser in ein Audiogramm eingetragen (s. Abbildung 22). Bei Schallempfindungsstörung wird die Reflexschwelle erst bei größeren Schallpegeln erreicht (s. Abb. 22).

Stapediusreflex-Audiogramm

Reflexschwelle bei Beschallung mit { Sinuston: x
Schmalbandrauschen: (x)

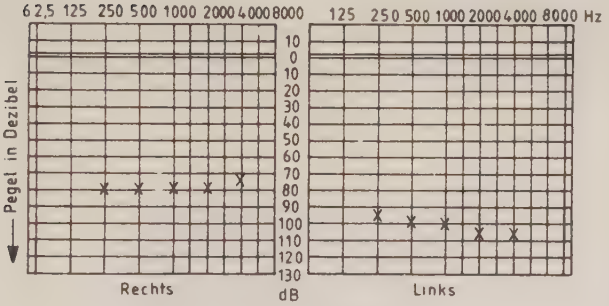


Abb. 22 Stapediusreflex- Audiogramm

Rechtes Ohr: Normales Stapediusreflexaudiogramm
Linkes Ohr : Stapediusreflexaudiogramm bei Schallempfindungsstörung

8.2. DYNAMIKKENNLINIEN VERSCHIEDENER HÖRGERÄTE

8.2.1. NORMALER VERSTÄRKER ALS HÖRGERÄT (SUPER-POWER-GERÄTE) MIT PC

Diese Hörgeräte verstärken jedes Eingangssignal um einen bestimmten Betrag, z.B. 30 dB. Überschreitet das Eingangssignal die PC-Schwelle, so wächst das Ausgangssignal nicht weiter mit. Seine Spitzen werden abgeschnitten (PC = peak clipping). Die Dynamikkennlinie eines solchen Gerätes zeigt die Abbildung 23.

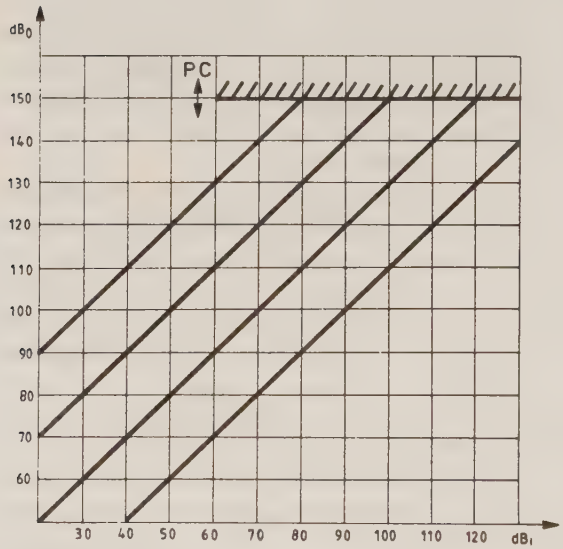


Abb. 23

Dynamikkennlinien eines normalen Hörgerätes mit PC

8.2.2. HÖRGERÄT MIT AVC UND PC

Bei diesen Hörgeräten handelt es sich um ausgangsgesteuerte Verstärker, die eine durchschnittliche Einregelzeit von 50 ms besitzen. Erreicht das Ausgangssignal eine bestimmte Lautstärke, so wird es nicht mehr verstärkt. Diese Hörgeräte sind meist zusätzlich mit einem PC (= peak clipping) ausgerüstet (Abb. 24).

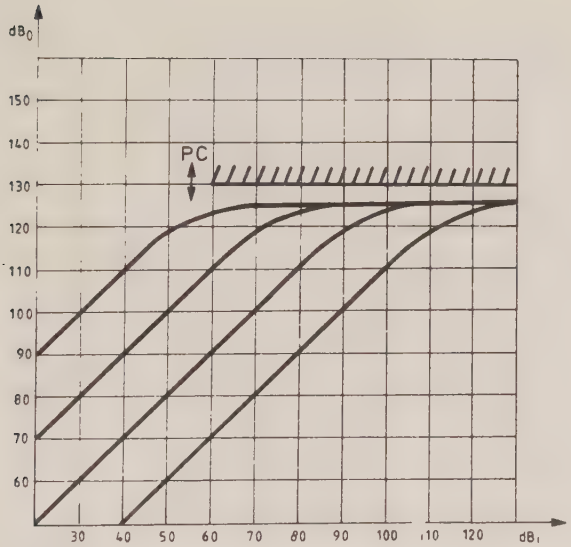


Abb. 24
Dynamikkennlinie eines Hörgerätes mit AVC und PC

8.2.3. HÖRGERÄT MIT $AGC_{(o)}$ UND PC

Dabei handelt es sich um ein dem AVC-Gerät ähnliches Hörgerät. Es besitzt jedoch eine Einregelzeit von nur 5 ms. Auch dieser Verstärker ist ausgangsgeregelt und verfügt über ein PC. Die Abkürzung $AGC_{(o)}$ bedeutet "automatic gain control output" (Abb. 25).

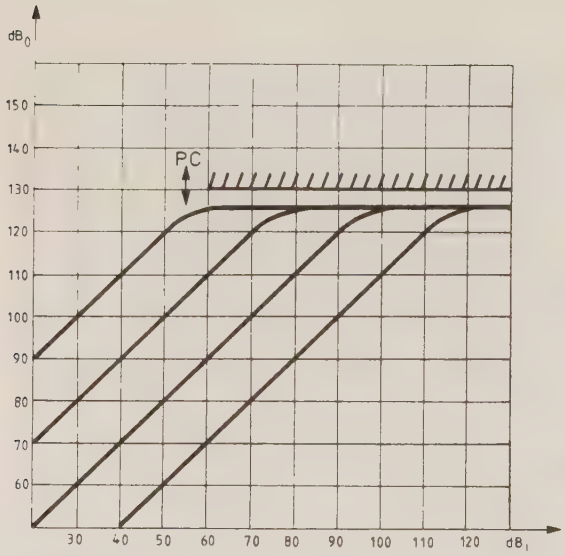


Abb. 25
Dynamikkennlinie eines Hörgerätes mit $AGC_{(o)}$ und PC

8.2.4. HÖRGERÄT MIT $AGC_{(i)}$ UND PC

Dieses Hörgerät ist im Gegensatz zu den anderen Geräten eingangsgesteuert. Ein Signal wird am Eingang nur so lange verstärkt, bis ein bestimmter Wert erreicht wird. Ein lauteres Eingangssignal wird nur noch mit einer geringen Verstärkung weitergegeben. Auch diese Geräte besitzen ein PC. $AGC_{(i)}$ bedeutet "automatic gain control input" (Abb. 26).

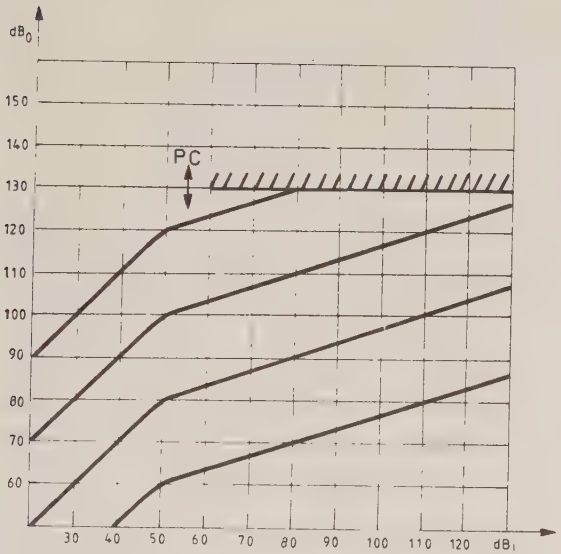


Abb. 26
Dynamikkennlinie eines Hörgerätes mit $AGC_{(i)}$ und PC

8.3. TABELLEN

Jahre nach Hörgeräteanpassung	Progredienz über 25 dB
1	0%
2	ca. 4%
3	ca. 8%
4	ca. 12%
5	ca. 12%
6	ca. 12%

Tabelle 2: Progredienter Hörverlust über 25 dB bis 55 dB in % der 247 Kinder bei einer Hörgerättragedauer von ein bis sechs Jahren

Klassennummern	Klassengrenzenintervalle in dB/Jahr	Klassenmitte in dB/Jahr
1	(19,20; 15,72)	17,40
2	(15,72; 12,24)	13,92
3	(12,24; 8,76)	10,44
4	(8,76; 5,28)	6,96
5	(5,28; 1,80)	3,48
6	(1,80; -1,68)	0
7	(-1,68; -5,16)	-3,48
8	(-5,16; -8,64)	-6,96
9	(-8,64; -12,12)	-10,44
10	(-12,12; -15,60)	-13,92
11	(-15,60; -19,08)	-17,40

Tabelle 3: Klassengrenzen und Klassenmitte, in denen die Daten der Urlisten aufgeteilt worden sind, angegeben in dB Hörverlust pro Jahr.

9. LITERATURVERZEICHNIS

1. Barr, B. und Wedenberg, E. (1965)
   Prognosis of perceptive hearing loss in children with respect to genesis and use of hearing aid. Acta Otolaryng. 59, 464-474.

2. Bernhardt, H. und Jeiter, W. (1975)
   UVV-Lärm, Berlin. Erich Schmidt-Verlag.

3. Bellefleur, P.A. und Van Dyke, R.C. (1968)
   The effects of high gain amplification on children in a residential school for the deaf. J. Sp. Hear. Res. 11, 343-347.

4. Biesalski, P. (1977)
   Die Rehabilitation des hörgestörten Kindes - heute -. Zeitschrift Hörgeschädigten-Pädagogig. 31.

5. Boenninghaus, H.-G. (1977)
   Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. Berlin, Heidelberg, New York. Springer-Verlag.

6. Dunajvitser, S.I. und Jelantsev, P.N. (1953)
   Effect of prolonged application of hearing aids on hearing acuity. Vest. Otovinalar. Moskva. 5, 12-18 (zitiert von Moller und Rojskjaer).

7. Gersjanovitj, N.L. und Gromov, P.N. (1952)
   Effect of prolonged use of hearing aids on hearing. Vest. Otorinolar. Moskva. 4, 93 (zitiert von Moller und Rojskjaer).

8. Harford, E.R. und Markle, D.M. (1955)
   The atypical effect of a hearing aid on one patient with congenital deafness. Laryngoscope, 65, 970-972.

9. Holmgren, L. (1940)
Can the hearing be damaged by a hearing aid? Acta Otolaryng., 28, 440.

10. Jerger, J.F. und Lewis, N. (1975)
Binaural Hearing Aids: Are They Dangerous For Children? Arch. Otolaryng., 101, 480-483.

11. Kinney, C.E. (1953)
Hearing impairments in children. Laryngoscope, 63, 220-226.

12. Kinney, C.E. (1961)
The further destruction of partially deafened children's hearing by the use of powerful hearing aids. Ann. Otol., 70, 828-835.

13. Kollegium Biomathematik NW (1976)
Biomathematik für Mediziner, Berlin.Heidelberg.New York, Springer-Verlag.

14. Krischnak, H.-W. und Ruhrberg, W. (1977)
Individuelle Kalibrierung von Audiometerhörern am Patientenohr. Dissertation an der Universität Düsseldorf.

15. Lehnhardt, E. (1978)
Praktische Audiometrie, Stuttgart, Georg Thieme Verlag.

16. Macrae, J.H. und Farrant, R.H. (1965)
The effect of hearing aid use on the residual hearing of children with sensorineural deafness. Ann.Ottol., 74, 409-419.

17. Macreae, J.N. (1968)
Deterioration of the residual hearing of children with sensorineural deafness. Acta Otolaryng., 66, 33-39.

18. Maran, A.G.D. (1966)
The causes of deafness in childhood. J. Laryng., 80, 495-505.

19. Markides, A. (1971)
Do hearing aids damage the user's residual hearing? Sound, 5, 99-105.

20. Moller, T.T. und Rojskjaer, C. (1960)
Injury to hearing through hearing aid treatment (Acoustic trauma). Fifth Cong. of Internat. Soc, of Audiology, Bonn.

21. Naunton, R.F. (1957)
The effect of hearing aid use upon the user's residual hearing. Laryngoscope, 67, 569-576.

22. Rice, J.C. (1966)
Hearing aids. J. Laryng., 80, 583-600.

23. Roberts, C. (1970)
Can hearing aids damage hearing? Acta Otolaryng., 69, 123-125.

24. Ross, M. und Truex, H. (1965)
Protecting residual hearing in hearing aid user. Arch. Otolaryng., 82, 615-617.

25. Ross, M. und Lerman, J. (1967)
Hearing aid usage and its effect on residual hearing. Arch. Otolaryng., 86, 639-644.

26. Sachs, L. (1976)
Angewandte Statistik. Berlin.Heidelberg.New York. Springer-Verlag.

27. Sataloff, J. (1961)
Pitfalls in routine hearing testing. Arch. Otolaryng., 73, 717-726.

28. Steurer, O., Vosteen, K.-H. und Schlosshauer, B. (1969)
Lehrbuch der Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten. München: J.F. Bergmann-Verlag

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich meinen aufrichtigen Dank Herrn Prof. Dr. G. Esser für die Überlassung des Themas, die mir jederzeit erwiesene Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit und das mir entgegengebrachte Wohlwollen aussprechen.

Den Mitarbeiterinnen der Kinderaudiologischen Abteilung, Frau Schlegell, Frau Hirsekorn und Frau Kubat, danke ich für die Einführung in die audiometrischen Untersuchungsmethoden sowie das mit entgegengebrachte Verständnis. Frau Dziadek möchte ich besonders für die Unterstützung bei der Anfertigung der Zeichnungen danken.

LEBENSLAUF

Am 19. April 1955 wurde ich als zweiter Sohn des Kraftfahrers Hans Randaxhe und seiner Ehefrau Katharina, geborene Vasters, in Gierath/Kreis Grevenbroich geboren.

Ab 1962 besuchte ich die Katholische Grundschule in Gierath. Nach vier Volksschuljahren ging ich zur Städtischen Realschule in Grevenbroich. 1971 wechselte ich, mit Erhalt der Mittleren Reife, zum Staatlichen Quirinus-Gymnasium in Neuss. Dort bestand ich im April 1974 mein Abitur.

Mit dem Wintersemester 1974 nahm ich mein Humanmedizinstudium an der Universität Düsseldorf auf. Im August 1976 legte ich mein Physikum ab. Im August 1977 bestand ich den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, im August 1979 den Zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung. Im Oktober 1980 absolvierte ich den Dritten Abschnitt der ärztlichen Prüfung.

Seit Dezember 1980 arbeite ich in der Inneren Abteilung des Katharinen-Hospitals in Willich. Im Mai 1981 habe ich die Ärztin Freya Zipperlin geheiratet.